

**Determinanten der Vernetzung von Unternehmen
der deutschen Photovoltaik-Industrie**

Christoph Hornyk, Matthias Brachert

September 2010

Nr. 20

IWH-Diskussionspapiere

IWH Discussion Papers

**Determinanten der Vernetzung von Unternehmen
der deutschen Photovoltaik-Industrie**

Christoph Hornyk, Matthias Brachert

September 2010

Nr. 20

Autoren: *Christoph Hornych*
Abteilung Stadtökonomik
E-mail: Christoph.Hornych@iwh-halle.de
Phone: +49 (0) 345 7753-743

Matthias Brachert
Abteilung Stadtökonomik
E-mail: Matthias.Brachert@iwh-halle.de
Phone: +49 (0) 345 7753-870

Die Diskussionspapiere stehen in der alleinigen Verantwortung der jeweiligen Autoren. Die darin vertretenen Auffassungen stellen keine Meinungsäußerung des IWH dar. IWH-Diskussionspapiere sind Zwischenergebnisse, die zur Diskussion gestellt werden. In der Regel sind sie nur für einen begrenzten Zeitraum relevant; eine überarbeitete Version ist unter Umständen direkt über den Autor erhältlich.

Kommentare und Vorschläge sowohl zu angewandten Methoden als auch zu den Ergebnissen sind jederzeit willkommen.

IWH-Diskussionspapiere werden in RePEc-Econpapers und in ECONIS indexiert.

Herausgeber:
INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG HALLE – IWH
Prof. Dr. Dr. h. c. Ulrich Blum (Präsident), Dr. Hubert Gabrisch (Forschungsdirektor)
Das IWH ist Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft.

Hausanschrift: Kleine Märkerstraße 8, 06108 Halle (Saale)
Postanschrift: Postfach 11 03 61, 06017 Halle (Saale)
Telefon: (0345) 7753-60
Telefax: (0345) 7753-8 20
Internetadresse: <http://www.iwh-halle.de>

Determinanten der Vernetzung von Unternehmen der deutschen Photovoltaik-Industrie

Zusammenfassung

Wenngleich die positiven Effekte von Kooperationen bereits in einer Vielzahl von Untersuchungen nachgewiesen werden konnten, erfährt die Frage nach den Determinanten der Neigung von Unternehmen, Kooperationsbeziehungen einzugehen, in der Forschung zu Unternehmenskooperationen bisher nur geringe Aufmerksamkeit. Dabei könnte die Kenntnis der relevanten Einflussfaktoren Aufschluss darüber geben, inwieweit sich unterschiedliche Kooperationsintensitäten in Regionen auf Unterschiede im Unternehmensbesatz zurückführen lassen. Vor diesem Hintergrund untersucht das Diskussionspapier, welche Einflussfaktoren die Anzahl der Kooperationspartner von Unternehmen in der Photovoltaik-Industrie bestimmen. Ausgehend von einem Überblick über die möglichen Effekte der Kooperation von Unternehmen mit Partnern innerhalb und außerhalb der eigenen Region werden Hypothesen über die Zusammenhänge zwischen sowohl unternehmensspezifischen als auch regionsspezifischen Variablen und der Kooperationsneigung von Unternehmen aufgestellt. Diese werden im Rahmen von Regressionsmodellen anhand eines Datensatzes zu 178 deutschen Photovoltaikunternehmen getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere große Unternehmen sowie Unternehmen mit hohen absorptiven Fähigkeiten eine Vielzahl an Kooperationsbeziehungen unterhalten. Kooperationen innerhalb der eigenen Region gehen die Unternehmen vor allem dann ein, wenn eine Vielzahl potenzieller Partner am Standort vorhanden ist. Zudem kooperieren Niederlassungen ausländischer Unternehmen besonders häufig mit Partnern aus der Region, in der sie angesiedelt sind.

Schlagworte: Erneuerbare Energien, Kooperationen, Netzwerke, Photovoltaik

JEL-Klassifikation: D85, L14, Q42, R11

On the Determinants of the Cooperative Behavior of Firms in the German Photovoltaic Industry

Abstract

The article examines the determinants of the number of cooperation partners and the share of regional cooperations of firms in the German photovoltaic industry. Based on an overview about possible effects of the cooperation of firms with partners inside and outside their region, we derive hypotheses on the relationship between both firm-specific and region-specific variables and the cooperative behavior of firms. The hypotheses are tested with regression models using a data set of 178 firms of the German photovoltaic industry. The results show that in particular large firms and firms with a high absorptive capacity have significantly more co-operation partners. Furthermore, firms cooperate within their region especially when a large number of potential partners are located in the same region. Regarding foreign-owned firms, the results show that these firms tend to cooperate in particular with partners, inside the region where they are located.

Keywords: renewable energy, cooperation, networks, photovoltaic

JEL classification: D85, L14, Q42, R11

Determinanten der Vernetzung von Unternehmen der deutschen Photovoltaik-Industrie

1. Einleitung

Neue Industriezweige, die am Anfang ihres Lebenszyklusses stehen und in denen Unklarheit über künftige technologische und marktliche Entwicklungen besteht, weisen eine hohe Kooperationsintensität auf (vgl. Eisenhardt / Schoonhoven 1996). Kooperationen ermöglichen es den Unternehmen Transaktionskosten zu senken, ihre allgemeine Wissensbasis zu erweitern, durch Rückgriff auf externe Ressourcen ihre Innovationskraft zu steigern sowie Kosten und Risiken von Forschungsanstrengungen zu reduzieren (vgl. bspw. Angel 2002). Aus regionalökonomischer Perspektive wird dem Prozess der Vernetzung von Unternehmen zudem eine räumliche Dimension zugesprochen. So kann sich die räumliche Nähe von interagierenden Unternehmen positiv auf die Effekte von Kooperationen auswirken. Desweiteren kann die räumliche Nähe zur Mobilisierung regionsinterner Effekte im Sinne spezifischer Regions-Organisationsformen (bspw. industrielle Cluster, Innovative Milieus oder regionale Innovationssysteme etc.) beitragen (vgl. Camagni 1991; Cooke/Morgan 1993; Asheim/Isaksen 1997; Porter 1998).

Wenngleich die positiven Effekte von Kooperationen bereits in einer Vielzahl von Untersuchungen nachgewiesen werden konnten (für einen Überblick siehe bspw. Ozman 2009), erfährt die Frage nach den Determinanten der Neigung von Unternehmen Kooperationsbeziehungen einzugehen in der Forschung zu Unternehmenskooperationen bisher nur geringe Aufmerksamkeit. Dabei könnte die Erkenntnis der relevanten Einflussfaktoren Aufschluss darüber geben, inwieweit sich unterschiedliche Kooperationsintensitäten in Regionen auf Unterschiede im Unternehmensbesatz zurückführen lassen.

Vor diesem Hintergrund untersucht der Beitrag, welche Einflussfaktoren die Anzahl der Kooperationspartner von Unternehmen bestimmen. Dabei wird insbesondere auf unternehmensspezifische Charakteristika abgestellt. In einem zweiten Schritt wird der Frage nach der räumlichen Reichweite dieser Kooperationsbeziehungen nachgegangen. Insbesondere ist dabei von Interesse, welche Unternehmen eher regionale bzw. eher überregionale Kooperationsbeziehungen eingehen, also welche Unternehmen eher mit Partnern innerhalb oder außerhalb der eigenen Region kooperieren. Hierbei findet Berücksichtigung, dass neben unternehmensspezifischen Faktoren auch die regional-sektoralen Charakteristika am jeweiligen Standort des Unternehmens von Bedeutung sein dürften. Die Untersuchung wird anhand einer exemplarischen Branche, der deutschen Photovoltaikindustrie, durchgeführt. Diese steht aufgrund ihres starken Wachstums derzeit im be-

sonderen Maße im Fokus der Wirtschaftspolitik, die nicht zuletzt bestrebt ist, die Vernetzung innerhalb Branche zu erhöhen (vgl. Hornyh / Brachert 2010).

Der Aufbau dieses Beitrags stellt sich wie folgt dar. Im Anschluss an diese Einleitung wird im 2. Kapitel ein kurzer Überblick über die möglichen Motive für regionale und überregionale Kooperationen im Allgemeinen sowie über Kooperationsmotive in der Photovoltaikindustrie im Speziellen gegeben. Im 3. Kapitel werden Hypothesen über die Determinanten regionaler und überregionaler Vernetzung von Unternehmen dieser Branche aufgestellt. Im empirischen Teil des Beitrags werden im 4. Kapitel die in der Untersuchung verwendeten Daten und Methoden vorgestellt. Die Ergebnisse der Regressionsanalysen werden in Kapitel 5 präsentiert. Eine Diskussion dieser Ergebnisse erfolgt im abschließenden 6. Kapitel.

2. Kooperationsmotive in der deutschen Photovoltaik-Industrie

Allgemeine Motive für regionale und überregionale Kooperationen

In der Literatur zu Unternehmensnetzwerken werden zahlreiche Motive genannt, aufgrund derer Unternehmen Kooperationsbeziehungen eingehen, also Beziehungen, die aufgrund ihrer Stabilität, durch Reziprozität sowie durch ihren kooperativen Charakter über kurzfristige marktliche Beziehungen hinausgehen (vgl. Sydow 1992; Rosenfeld/Franz/Günther et al. 2006). So sind Kooperationen aus der Perspektive der Institutionenökonomik Organisationsformen, die in spezifischen Tauschsituationen zur Senkung von Transaktionskosten beitragen können (vgl. bspw. Thorelli 1986; Jarillo 1988). Hingegen werden in den Ansätzen des strategischen Managements Kooperationen unter dem Gesichtspunkt der Bedeutung von externen Ressourcen für die Unternehmen und der damit einhergehenden Notwendigkeit zur Interaktion diskutiert. Der Zweck von Kooperationen liegt aus dieser Perspektive darin, den Zugriff auf externe Ressourcen zu ermöglichen und die damit einhergehenden Interdependenzen zwischen den Unternehmen zu bewältigen (vgl. Richardson 1972; Pfeffer/Salancik 1978). Seit geraumer Zeit rückt zudem vermehrt in den Fokus, dass Unternehmen durch Kooperationen mit anderen Organisationen Lernprozesse initiieren und ihre Wissensbasis erweitern können (vgl. bspw. Powell/Koput/Smith-Doerr 1996).

Die zentralen Vorteile, die mit regionalen Kooperationen, also mit der Zusammenarbeit mit Partnern aus der eigenen Region, einhergehen, ergeben sich aus der Möglichkeit häufiger persönlicher Kontakte mit den Kooperationspartnern. Diese gelten als günstige Voraussetzung für den Transfer von tacitem Wissen, für die Entwicklung gemeinsamer Normen sowie für eine effiziente Kontrolle der Kooperationspartner (vgl. bspw. Storper / Venables 2004; Oerlemans / Meeus 2005). Während die Etablierung regionaler Kooperationsbeziehungen dafür verantwortlich ist, inwieweit einem Unternehmen die Nutzung regionsendogener Potenziale gelingen kann, besitzen überregionale Kooperationen Be-

deutung hinsichtlich der Zugriffsmöglichkeiten auf regionsexterne Ressourcen (vgl. Bathelt/Malmberg/Maskell 2004; Bathelt 2005).

Neben möglichen Erträgen sind Kooperationsbeziehungen für die Unternehmen aber auch mit Kosten, wie bspw. Organisationskosten verbunden (vgl. Williamson 1985; Camagni 1993). Die Entscheidung der Unternehmen, ob Kooperationen eingegangen werden, folgen demnach einen Kosten-Nutzen-Kalkül, bei welchem der Nutzen, den das Eingehen einer Kooperationsbeziehung stiftet, gegen die Kosten, die diese verursacht, abgewogen wird.

Sektorspezifische Besonderheiten der Photovoltaikindustrie

Geht man der Frage nach den speziellen Kooperationsmotiven in der Photovoltaikindustrie nach, ist zunächst festzustellen, dass die Photovoltaik-Industrie als ein relativ neuer Industriezweig charakterisiert werden kann. Die Entstehung industrieller Strukturen in der deutschen Photovoltaik-Industrie bedurfte eines längeren Zeitraums, der durch verschiedenste Förderinitiativen und geringe Marktvolumina geprägt war. Erst seit dem Jahr 2000 vollzog sich ein starkes Produktions- und Umsatzwachstum innerhalb des Sektors, welches bis heute mit einer Vielzahl von Unternehmensgründungen verbunden ist (für einen detaillierten Überblick siehe Jacobsson/Sanden/Bångens 2004; Brachert/Hornych 2009). Das dynamische Wachstum der Photovoltaikindustrie im letzten Jahrzehnt ging jedoch mit einem hohen Maß an Unsicherheit einher, was insbesondere auf zwei Faktoren zurückzuführen ist: Zum einen war das Marktwachstum bisher nicht durch die Herausbildung eines dominanten Technologiepfades gekennzeichnet. Im Gegenteil haben die Innovationsanstrengungen der Unternehmen unterschiedliche Technologiepfade hervorgebracht. Bis heute ist hier nicht abzusehen, welches der unterschiedlichen Verfahren bzw. Materialien zur Herstellung von Solarzellen und -modulen sich letztlich für welche Anwendung durchsetzen wird. Zum anderen führen Regulierungsänderungen in verschiedenen Märkten zu Unsicherheit bezüglich zukünftiger Marktentwicklungen. In einem derartigen Umfeld scheint es für Unternehmen sinnvoll, Kooperationsbeziehungen einzugehen, um bspw. durch die Bildung von Joint Ventures Risiken zu senken (vgl. Hornych/Brachert 2010).

Neben der Reduktion von Risiken ist ein weiterer Grund für Kooperationen in der Branche in der hohen Bedeutung der öffentlichen Forschung für die Photovoltaik-Industrie zu sehen. So gibt es in Deutschland zahlreiche universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen die Forschung mit Bezug zur Photovoltaikindustrie betreiben (vgl. Richter/Holst/Krippendorf 2008; Franz 2008). Kooperationen mit diesen Einrichtungen stellen für die Unternehmen eine Möglichkeit dar, an den Ergebnissen dieser Forschung zu partizipieren sowie durch Kooperationen mit diesen Partnern zu einer Ausweitung der Wissensbasis beizutragen.

Nicht zuletzt deshalb werden Kooperationsbeziehungen zwischen den Unternehmen sowie zwischen Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen von Seiten der Wirt-

schaftspolitik unterstützt. So wurden und werden bspw. gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie Kooperationen von Photovoltaikunternehmen in anderen Bereichen im Rahmen der Initiativen „Innovative regionale Wachstumskerne“, „Inno-Net“, „ZIM-NEMO“, InnoRegio sowie im Rahmen der Spitzenclusterinitiative der Bundesregierung gefördert (vgl. BMBF 2009). Darüber hinaus fördert bspw. auch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen seiner Forschungsförderung im Bereich Erneuerbare Energien u.a. Verbundprojekte zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen (vgl. Projektträger Jülich 2009). Begleitet werden diese Initiativen von einer Reihe von regionalen und lokalen Maßnahmen mit dem Ziel, die Zusammenarbeit innerhalb der Branche zu verbessern (vgl. Richter/Holst/Krippendorf 2008; Ebert/Brachert/Dominguez Lacasa 2009).

Wenngleich somit eine Reihe von Kooperationsmotiven für die Unternehmen der Branche bestehen, unterscheidet sich die spezifische Vernetzung der einzelnen Unternehmen doch erheblich (vgl. Hornych/Brachert 2010). Im Folgenden wird nunmehr den Faktoren nachgegangen, die diese Unterschiede in der Kooperationsneigung determinieren. Insbesondere wird dabei auf drei unternehmensspezifische Faktoren abgestellt: die Größe und die absorptiven Fähigkeiten der Unternehmen sowie die Besonderheiten von Niederlassung ausländischer Unternehmen. Ferner wird der Einfluss der Anzahl potentieller Kooperationspartner in der Region, in der das Unternehmen seinen Standort hat, diskutiert.

3. Determinanten der Vernetzung von Unternehmen

Absorptiven Fähigkeiten von Unternehmen

Wenngleich das Eingehen von Kooperationsbeziehungen zumeist als vorteilhaft für die beteiligten Unternehmen angesehen wird, dürfte doch der spezifische Nutzen für die einzelnen Unternehmen stark divergieren. Ein Grund hierfür ist in den Unterschieden zwischen den Fähigkeiten der Unternehmen zu sehen, auf das Wissen und die Informationen der jeweiligen Kooperationspartner zuzugreifen und sich dieses anzueignen. So können etwa die Mitarbeiter eines Unternehmen, denen Basiswissen in einem bestimmten technischen Gebiet fehlt, den Wert einer technischen Neuerung eines Kooperationspartners in diesem Gebiet kaum beurteilen und somit auch nicht für das eigene Unternehmen nutzbar machen. Diese entsprechende Befähigung, den Wert neuen Wissens zu erkennen, dieses aufzunehmen und anzuwenden, wird mit dem Begriff der absorptiven Fähigkeit bezeichnet (vgl. Cohen/Levinthal 1990: 128). Die absorptive Fähigkeit eines Unternehmens kann dabei als eine Funktion des bisherigen Wissens des Unternehmens, also der Summe der nicht zuletzt im Rahmen eigener Forschungstätigkeit erlangten Fähigkeiten und Wissen seiner Mitarbeiter (vgl. Nelson/Winter 1982) verstanden werden (vgl. Cohen/Levinthal 1990). Nur ein Unternehmen, das über entsprechende absorptive Fähigkeiten verfügt, besitzt demnach auch die Fähigkeit zur Verwendung des Wissens anderer Akteure und somit die Anreize, Kooperationsbeziehungen sowohl mit anderen

Unternehmen (vgl. Giuliani/Bell 2005; Giuliani 2007; Lin/Fang/Fang et al. 2009), als auch mit Forschungseinrichtungen einzugehen (vgl. Arundel/Geuna 2004; Giuliani/Arza 2009). Hingegen können Unternehmen mit geringer absorptiver Fähigkeit die potentiellen Vorteile einer Zusammenarbeit mit anderen Organisationen oftmals nicht erkennen, bzw. diese nicht realisieren. Demgemäß lautet Hypothese 1:

Hypothese 1: Je größer die absorptiven Fähigkeiten eines Unternehmens sind, desto mehr Kooperationsbeziehungen mit Forschungseinrichtungen und anderen Unternehmen unterhält das Unternehmen.

Größe von Unternehmen

Eine weitere unternehmensspezifische Determinante der Eingehung von Kooperationsbeziehungen ist in der Größe der Unternehmen zu sehen. Insbesondere große Unternehmen dürften überhaupt über die entsprechenden Ressourcen wie bspw. Managementkapazitäten verfügen, die für das Eingehen und die Unterhaltung von Kooperationsbeziehungen notwendig sind. Hingegen bedeutet es für kleinere Unternehmen oftmals einen erheblichen Aufwand, Kooperationen simultan zu mehreren Partnern zu unterhalten (vgl. Belderbos/Carree/Lokshin 2006). Nimmt man bspw. an, dass es eine konstante Anzahl von Kooperationen je Geschäftsbereich eines Unternehmen gibt, dürften große Unternehmen, die tendenziell über mehr Geschäftsbereiche verfügen als kleine, eine größere Zahl an Kooperationsbeziehungen aufweisen (vgl. Fritsch/Lukas 2001). Nicht zuletzt dürfte es größeren Unternehmen insgesamt leichter fallen, Partnern für Kooperationen zu finden, da sie bspw. für neu in den Markt eingetretene Unternehmen als ein besonders attraktiver Kooperationspartner erscheinen (vgl. bspw. Hagedoorn/Schakenrad 1994). Auch bisherige empirische Untersuchungen bestätigen, dass vor allem große und somit durch eine gute Ressourcenausstattung gekennzeichnete Unternehmen überproportional häufig bzw. mit einer besonders hohen Anzahl von Partnern kooperieren (vgl. bspw. Walker/Kogut/Shan 1997; Fritsch 2001; Fritsch/Lukas 2001; Fritsch 2003; Fontana/Geuna/Matt 2006; Andreosso-O'Callaghan/Lenihan 2008).

Hypothese 2: Je größer ein Unternehmen ist, desto mehr Kooperationsbeziehungen mit Forschungseinrichtungen und anderen Unternehmen unterhält es.

Niederlassungen ausländischer Unternehmen

Hinsichtlich des Kooperationsverhaltens von Niederlassungen ausländischer Unternehmen wird häufig darauf verwiesen, dass diese in der Regel in die Kooperationsstrukturen des Mutterunternehmens eingebunden sind und daher nur geringes Interesse an einer Zusammenarbeit mit lokalen Partnern aufweisen (Kaufmann/Tödtling 2000; Fontana/Geuna/Matt 2006; Hornyh/Schwartz 2009). Für die Photovoltaikindustrie in Deutschland ist dieses Muster jedoch kaum zu erwarten. Aus der Theorie der internationalen Produktion sowie der internationalen Management-Literatur ist bekannt, dass Standortentscheidungen ausländischer Direktinvestoren oftmals mit der Vorstellung des

Ausbaus der unternehmensspezifischen technologischen Leistungsfähigkeit verbunden sind (vgl. Dunning/Lundan 1998; Dunning/Wymbs 1999). Dieser Ausbau ist in Abhängigkeit der Fähigkeiten zur Nutzung komplementärer Resources des relevanten regionalen Innovationssystems zu sehen (vgl. Criscuolo/Narula/Verspagen 2002). So zeigt Almeida (1996) das Nutzung technologischen Wissens ausländischer Tochterunternehmen in der US-Halbleiterindustrie regional konzentriert und auf bestimmte Unternehmensnetzwerke fokussiert ist. Durch das eingehen dieser Netzwerkbeziehungen soll es ermöglicht werden, bestimmte Technologien, besondere Fähigkeiten oder strategische Wissensvorteile zu erzielen (vgl. Archibugi/Michie 1995; Cantwell/Iammarino 1998; Blanc/Sierra 1999). Die mit der Ansiedlung geschaffene räumliche Nähe erleichtert dabei die Initiierung von Kooperationsbeziehungen mit Akteuren dieser Regionen sowie die Partizipation an der regionalen Wissensbasis (vgl. Blanc/Sierra 1999; Zeller 2004). Tatsächlich gilt Deutschland derzeit als einer der in der Photovoltaiktechnologie führenden Standorte (vgl. Richter/Holst/Krippendorf 2008). Somit ist davon auszugehen, dass ausländische Tochterunternehmen, welche aktiv zur Mehrung der Wissensbasis im Mutterunternehmen beitragen, sich besonders stark in das jeweilige regionale Innovationssystem einbinden (vgl. auch Günther/Jindra/Stephan 2008)

Hypothese 3: Niederlassungen ausländischer Unternehmen weisen im Vergleich zu anderen Unternehmen der PV-Industrie besonders viele regionale Kooperationsbeziehungen auf.

Regionale Branchenkonzentration

Neben den Charakteristika des Unternehmens kann es insbesondere auch von der Region abhängen, in der das Unternehmen ansässig ist, in welchem Maße ein Unternehmen regionale Kooperationsbeziehungen anstrebt. Regionale Kooperationen verursachen in der Regel vergleichsweise geringe Kosten, da das Zustandekommen von Netzwerkarrangements durch die räumliche Nähe von Akteuren in einer Region erleichtert wird (vgl. Gallie 2003; Torre/Rallet 2005; Boschma 2005). Allerdings können sich bspw. Innovationsnetzwerke nur in Räumen entwickeln, in denen entsprechendes Wissen vorhanden ist (vgl. Tödtling 1994). Gerade Regionen, in denen eine hohe Anzahl von Akteuren einer Branche und somit auch entsprechendes Wissen konzentriert ist (bspw. in industriellen Clustern), gelten daher als günstig für die Entstehung regionaler Kooperationen (vgl. Amin/Thrift 1994). Letztlich steigt mit der Zahl an übrigen Unternehmen am Standort die Wahrscheinlichkeit, dass ein geeigneter Kooperationspartner vorhanden ist (vgl. Gordon/McCann 2000). Tatsächlich berichten Untersuchungen von einem intensiven Kooperationsgeschehen in einer Vielzahl von Clustern (siehe bspw. Jonas 2006). So konnte auch Heimpold (2005) zeigen, dass sich Unternehmensnetzwerke in Ostdeutschland insbesondere in solchen Regionen gebildet haben, in denen ein Branchenschwerpunkt, also eine sektorale Konzentration von Unternehmen der entsprechenden Branche, nachgewiesen werden konnte. Wenngleich sektorale Konzentration keinesfalls immer mit einem intensiven Kooperationsgeschehen einhergeht, kann davon ausgegangen werden, dass insbesondere Unternehmen in Regionen mit hoher sektoraler

Konzentration überdurchschnittlich viele regionale Kooperationsbeziehungen unterhalten.

Hypothese 4: Je mehr andere Unternehmen desselben Sektors in der Region eines Unternehmens angesiedelt sind, desto mehr regionale Kooperationsbeziehungen unterhält das Unternehmen.

Regionale Forschungseinrichtungen

Analog ist davon auszugehen, dass eine hohe Zahl von Forschungseinrichtungen in einer Region mit einer starken regionalen Wissensbasis einhergeht. Die Unternehmen sind bestrebt, sich diese in der Region vorhandenen Ressourcen anzueignen indem Kooperationen mit den lokalen Forschungseinrichtungen angestrebt werden (vgl. Christopherson/Clark 2007). Relevanz dürften dabei nur Forschungseinrichtungen besitzen, die einen inhaltlichen Bezug zu der entsprechenden Industrie des Unternehmens aufweisen. Wenngleich die Ergebnisse empirischer Untersuchungen zeigen, dass Unternehmen und Universitäten, die miteinander kooperieren, sich oftmals in räumlicher Nähe zueinander befinden (vgl. bspw. Mansfield/Lee 1996; Fritsch/Schwirten 2002; Arundel/Geuna 2004), sollten diesen Kooperationen in der Regel vor allem dann Zustandekommen, wenn die Forschungseinrichtungen über branchenspezifisches Wissen verfügen (vgl. Rosenfeld/Franz/Roth 2005). Je größer die Zahl dieser Einrichtungen in der Region ist, desto stärker dürfte ein Unternehmen seine Kooperationsaktivitäten auf lokale Partner ausrichten.

Hypothese 5: Je mehr Forschungseinrichtungen mit Bezug zur entsprechenden Industrie in der Region eines Unternehmens angesiedelt sind, desto mehr regionale Kooperationsbeziehungen mit anderen Unternehmen und Forschungseinrichtungen unterhält das Unternehmen.

4. Daten und Methoden

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde ein Datensatz zum Kooperationsverhalten in der deutschen Photovoltaikindustrie aufgebaut.¹ In einem ersten Schritt wurden mittels der Recherche verschiedener Quellen (bspw. Messeteilnahmen, Mitgliedschaften in

¹ Die Industrie wurde hierzu als die Gesamtheit der Unternehmen definiert die entlang der Wertschöpfungskette (Silizium> Ingots> Wafer> Zellen > Module; außerdem Hersteller von Komponenten und Solarglas sowie integrierte Anbieter und Dünnschichtproduzenten) agieren. Zudem wurden Zulieferer berücksichtigt, die spezielle Produkte für die PV-Industrie herstellen. Nicht berücksichtigt in dieser Untersuchung wurden Unternehmen, die ausschließlich im nicht-industriellen Bereich der Wertschöpfungskette der Photovoltaik tätig sind, wie bspw. Handwerker. Auch das Segment des Handels, der Installation und der Betreibung von Solarparks wurde demgemäß nicht mit einbezogen. Für eine Beschreibung der Wertschöpfungskette in der Photovoltaikindustrie siehe bspw. Franz (2008).

Branchenverbänden) 178 Photovoltaikunternehmen identifiziert, die im September des Jahres 2009 in Deutschland ansässig waren.

Daten zu Kooperationsbeziehungen

In einem zweiten Schritt wurden die jeweils bestehenden Kooperationsbeziehungen dieser Unternehmen zu anderen Unternehmen der Industrie sowie zu öffentlichen Forschungseinrichtungen erfasst. Berücksichtigt wurden dabei verschiedene Arten von Kooperationsbeziehungen: Kooperationen bei Forschung und Entwicklung, langfristige Lieferbeziehungen sowie Kapitalverflechtungen. Nicht berücksichtigt wurden hingegen gemeinsame Mitgliedschaften von Unternehmen in Verbänden, Vereinen oder regionalen Netzwerkinitiativen sowie die Zusammenarbeit bei der Errichtung und Betreibung von Solarparks. Um Informationen zu den Kooperationsbeziehungen der Unternehmen zu erlangen, wurde auf vier verschiedene Datenquellen zurückgegriffen: Patentdaten, Befragungen, Daten zu Unternehmensverflechtungen sowie Archivdaten. Die Kombination verschiedener Datenquellen erfolgte mit dem Ziel, spezifische Beschränkungen einzelner Quellen auszugleichen und somit eine möglichst vollständige Abbildung der bestehenden Kooperationsbeziehungen leisten zu können.

- Eine Methode, mit deren Hilfe die Netzwerkbeziehungen in der PV-Industrie identifiziert wurden, war die Analyse aller *Patentanmeldungen* der Unternehmen der Branche. Werden die Namen von zwei oder mehr Unternehmen als Anmelder eines Patents genannt, kann davon ausgegangen werden, dass diese Unternehmen bei der der Anmeldung vorausgehenden Forschung und Entwicklung miteinander kooperiert haben (vgl. Teichert/Ernst 1999). Gemeinsame Patentanmeldungen sind somit ein Indikator für Forschungsk Kooperationen, deren Ergebnisse zu einer Patentanmeldung geführt haben, und finden daher in einer Vielzahl von Untersuchungen zur Identifikation von Forschungsk Kooperationen Verwendung (vgl. bspw. Owen-Smith/Riccaboni/Pammolli 2002; Lobo/Strumsky 2008). Ausgehend von der durchschnittlichen Dauer von Kooperationsbeziehungen (siehe Kogut 1998; Gulati 1999) wird angenommen, dass eine Kooperationsbeziehung bis zu 5 Jahre nach der gemeinsamen Patentanmeldung bestanden hat.
- Als weitere Erhebungsmethode wurde eine *Unternehmensbefragung* unter den Unternehmen der deutschen PV-Industrie durchgeführt. Im Rahmen eines Telefoninterviews wurden die Unternehmen um die freie Nennung ihrer wichtigsten Kooperationspartner in verschiedenen Kategorien (wichtigste Kunden, Abnehmer, Partner bei Forschungsk Kooperationen) gebeten. Die maximale Zahl der Nennungen wurde auf 5 beschränkt. Von den 178 Unternehmen der Industrie nahmen 67 an der Befragung teil, 55 machten verwertbare Aussagen zur ihren Netzwerkpartnern.
- Über *Daten zu Unternehmensverflechtungen* konnten sowohl direkte Beteiligungen der Unternehmen untereinander als auch indirekte Beziehungen über ge-

meinsame Tochter- oder Mutterunternehmen ermittelt werden. Wenngleich Beteiligungen auch ausschließlich der Verfolgung finanzieller Zielstellungen dienen können, stellen sie doch häufig eine Möglichkeit der Koordination von Unternehmen dar (vgl. Grandori/Soda 1995). Die Daten wurden im Rahmen von Unternehmensauskünften der Creditreform e.V. gewonnen (vgl. hierzu bspw. Woywode 1998).

- Eine weitere Datenbasis stellen *Archivdaten* dar. Im Rahmen dieses „literature-based alliance counting“ (Hagedoorn/Schakenraad 1994) wurden unterschiedliche öffentlich zugängliche Quellen gesichtet, die Nachrichten und Berichte zu den Unternehmen und Forschungseinrichtungen der Industrie und deren Beziehungen zueinander bereitstellen. Im Einzelnen wurden Fachzeitschriften der PV-Industrie, Pressemeldungen, Unternehmenspräsentationen, Vorträge und andere Publikationen wie bspw. Bücher, gescannt, ob sie Informationen zu Forschungs Kooperationen oder langfristigen Lieferbeziehungen enthalten.

Berücksichtigung fanden ausschließlich Kooperationsbeziehungen, die im Zeitraum Januar 2007 bis September 2009 begonnen wurden und für die keine Informationen über eine Beendigung vor dem Ende der Untersuchungsperiode (September 2009) vorlagen. Eine Kooperationsbeziehung eines Unternehmens zu einem anderen Unternehmen oder zu einer Forschungseinrichtung wurde jeweils nur binär-skaliert erfasst, also unabhängig auf welche bzw. auf wie vielen Gebiete sich die Kooperationen zwischen den beiden Partnern erstrecken. Keine Berücksichtigung fand demgemäß auch das Ausmaß oder die Tiefe von Kooperationen. Zur Abbildung der Intensität der Vernetzung eines Unternehmens wurde stattdessen die Zahl der derzeit bestehenden Kooperationsbeziehungen und somit die Zahl der Partner eines Unternehmens ermittelt. Der Anteil regionaler (überregionaler) Kooperationsbeziehungen ergibt sich aus der Anzahl der Kooperationspartner die in derselben (einer anderen) Region ansässig sind wie das jeweilige Unternehmen, geteilt durch die Gesamtzahl der Kooperationspartner des Unternehmens.

Unternehmensspezifische Variablen

Die (aufgrund von Ausreißern logarithmierte) Zahl der bisherigen Patentanmeldungen der Unternehmen (Stichtag 30.09.2009) wird als Indikator für die früheren Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen der Unternehmen verwendet. Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten sind ein Maß für die interne Wissensproduktion des Unternehmens, die die absorptiven Fähigkeiten des Unternehmens determinieren (vgl. Cohen/Levinthal 1990; Vanhaverbeke/Gilsing/Beerens et al. 2009). Bei der Ermittlung der Zahl der Patentanmeldungen fand das Land der Anmeldung keine Berücksichtigung, es wurde aber für Patentfamilien kontrolliert, d.h. inhaltlich identische Anmeldungen in verschiedenen Ländern wurden nur einmal gezählt. Zu berücksichtigen ist hierbei allerdings, dass Patente eher das kodifizierte Wissen eines Unternehmens messen, während bspw. das nicht-kodifizierte Wissen des Unternehmens nicht erfasst wird.

Desweiteren wurden mittels einer Datenbank des Wirtschaftsinformationsdienstes Creditreform e.V. die Zahl der Mitarbeiter der Unternehmen ermittelt. Es wurden zwei Dummy-Variablen gebildet, die Unternehmen mit mehr als 500 bzw. mehr als 100 Beschäftigten kennzeichnen. Die Referenzklasse bilden Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten. Mit der Variable Niederlassung wurde erfasst, ob es sich bei dem Unternehmen um ein Tochterunternehmen eines außerhalb Deutschlands ansässigen Unternehmens handelt.

Regionale Variablen

Um das Potential regionaler Kooperationspartner abzubilden, wurden sowohl die Anzahl der übrigen Photovoltaikunternehmen sowie die Anzahl der Forschungseinrichtungen mit Bezug zur Photovoltaik-Industrie in der Region des jeweiligen Unternehmens erfasst. Hierzu wurden fünf Regionen voneinander abgegrenzt: Berlin-Brandenburg, Mitteldeutschland (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen), Süddeutschland (Baden-Württemberg, Bayern), Westdeutschland (Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland) und Norddeutschland (Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Schleswig-Holstein). Wenngleich sicherlich auch andere Abgrenzungen der Regionen möglich sind, wurde mit der vorgenommenen Gebietsabgrenzung doch versucht, bezüglich der Photovoltaikindustrie funktionale Teilräume zu definieren.²

Kontrollvariablen

Neben den genannten Größen wurden weitere Variablen in die Untersuchung mit einbezogen, von denen möglicherweise ein Einfluss auf die Vernetzung der Unternehmen ausgeht. Zum einen wurde das Alter der Unternehmen zum 1.1.2010 in logarithmierter Form verwendet, um für Auswirkungen eines erst vor kurzem erfolgten Markteintrittes auf das Kooperationsverhalten zu kontrollieren. Zum anderen wurden für unterschiedliche Kooperationsmuster zwischen Unternehmen verschiedener Wertschöpfungsstufen kontrolliert. Hierzu wurde zwischen der Herstellung von Silizium, Ingots und / oder Wafern, der Herstellung von Solarmodulen, der Herstellung von Solarzellen, der integrierten Herstellung von (siliziumbasierten) Solarzellen – und modulen, der Herstellung

² So ist die Region Berlin-Brandenburg durch länderübergreifende Initiative der Photovoltaikindustrie in der Region gekennzeichnet (vgl. Ebert/Brachert/Dominguez Lacasa 2009). Gegenüber den anderen Regionen weist sie fernhin weitere Besonderheiten auf. Zum Einen lässt sich eine Spezialisierung der Branche auf die Dünnschichttechnologie ausmachen. Zum Anderen ist auffallend, dass sich in der Region Berlin-Brandenburg nur in Ansätzen eine Zulieferindustrie und kaum Hersteller von Solarzellen, dafür aber eine Konzentration von Modulherstellern finden lässt. Hingegen dominieren in der Region Mitteldeutschland Unternehmen, die Solarzellen und –module mit Hilfe siliziumbasierter Verfahren herstellen. Ein weiterer Unterschied ist darin zu sehen, dass sich in Mitteldeutschland in den letzten Jahren auch die Zulieferindustrie etablieren konnte. Die PV-Industrie in Süddeutschland weist wiederum eine andere Struktur auf. Süddeutschland zeigt sich insbesondere als ein Zentrum der Zulieferindustrie. Während die Regionen Berlin-Brandenburg, Mitteldeutschland und Süddeutschland jeweils eine überdurchschnittliche Konzentration an Photovoltaikunternehmen aufweisen, sind sowohl in West- als auch in Norddeutschland Unternehmen der Photovoltaik-Industrie nur vereinzelt zu finden.

von Solarmodulen auf Basis der Dünnschicht-Technologie, der Herstellung von Komponenten von Solaranlagen, der Planung, Installation und dem Betrieb von Solaranlagen, Forschung- und Entwicklung im Bereich der Photovoltaik sowie Zulieferern der Hersteller von Solaranlagen unterschieden. Einige der Unternehmen decken mehrere der genannten Wertschöpfungsstufen ab.

Schätzmethoden

Zum Prüfen der aufgestellten Hypothesen werden zwei verschiedene Regressionsmodelle geschätzt. In einem ersten Modell wird dem Zusammenhang zwischen unternehmensspezifischen Faktoren und der Anzahl der Kooperationsbeziehungen eines Unternehmens nachgegangen. Da die PV-Industrie eine insgesamt sehr hohe Kooperationsintensität aufweist (vgl. Hornych/Brachert 2010) umfasst unser Sample nur eine sehr geringe Anzahl von Unternehmen, die keinerlei Kooperationsbeziehungen unterhalten. Da es sich bei der Zahl der Kooperationsbeziehungen um eine diskrete abhängige Variable handelt, wird ein Zählmodell verwendet. Die in der Tabelle A.1 (im Anhang) ausgewiesenen deskriptiven Statistiken zeigen eine im Vergleich zu dem Erwartungswert hohe Varianz der erklärten Variable und deuten somit auf eine Überstreuung in den Daten hin. Aufgrund der damit verbundenen Gefahr zu niedriger Varianzschätzer der Parameter bei Poisson-Modellen (vgl. Hilbe 2007), wurde ein negativ binominales Regressionsmodell verwendet.

Desweiteren wurden ein Modell zum Testen der Hypothesen 3 bis 5 geschätzt, in denen der Anteil regionaler Kooperationsbeziehungen an allen Kooperationsbeziehungen eines Unternehmens die erklärte Variable bildet. Die abhängige Variable kann folglich Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Ein OLS-Verfahren weist hierbei u.a. den Nachteil auf, dass diese Einschränkungen der erklärten Variablen und die damit notwendigerweise einhergehende Nichtlinearität der Wirkungsbeziehungen nicht berücksichtigt werden. Der Empfehlung von Kieschnick/McCullough (2003) folgend, wurde stattdessen der von Papke/Wooldridge (1997) entwickelte quasi-likelihood Ansatz verwendet.

5. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Regressionsanalyse zur Ermittlung der Determinanten der Kooperationstätigkeit der Unternehmen vorgestellt. Vorab werden noch einige deskriptive Ergebnisse zu regionalen und überregionalen Kooperationsmustern in den fünf Untersuchungsregionen Berlin-Brandenburg sowie Mittel-, Süd-, West- und Norddeutschland präsentiert.

Tabelle 1 zeigt die Anzahl der Photovoltaikunternehmen und Forschungseinrichtungen als auch Indikatoren zum regionalen und überregionalen Kooperationsgeschehen in den untersuchten Regionen. Demnach bestehen bezüglich der durchschnittlichen Anzahl an

regionsübergreifenden Kooperationen nur vergleichsweise geringe Unterschiede zwischen den Untersuchungsregionen. Allerdings lassen sich bezüglich regionaler Kooperationsbeziehungen deutliche Unterschiede zwischen den Regionen feststellen. Insbesondere die in Mitteldeutschland ansässigen Unternehmen weisen eine hohe Anzahl von Partnern in der Region auf. Neben der Anzahl regionaler Kooperationsbeziehungen ist die Dichte des regionalen Netzwerks ein Indikator für die Intensität des regionalen Kooperationsgeschehens, welcher einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Organisationen in einer Region sowie der Anzahl der regionalen Kooperationsbeziehungen herstellt. Hier zeigt sich das neben Mitteldeutschland insbesondere Westdeutschland ein dichtes Netzwerk an Kooperationen aufweist.

Tabelle 1: Vergleich der Anzahl der Unternehmen und Forschungseinrichtungen sowie der regionaler und überregionaler Vernetzung der Photovoltaikunternehmen in verschiedenen Regionen.

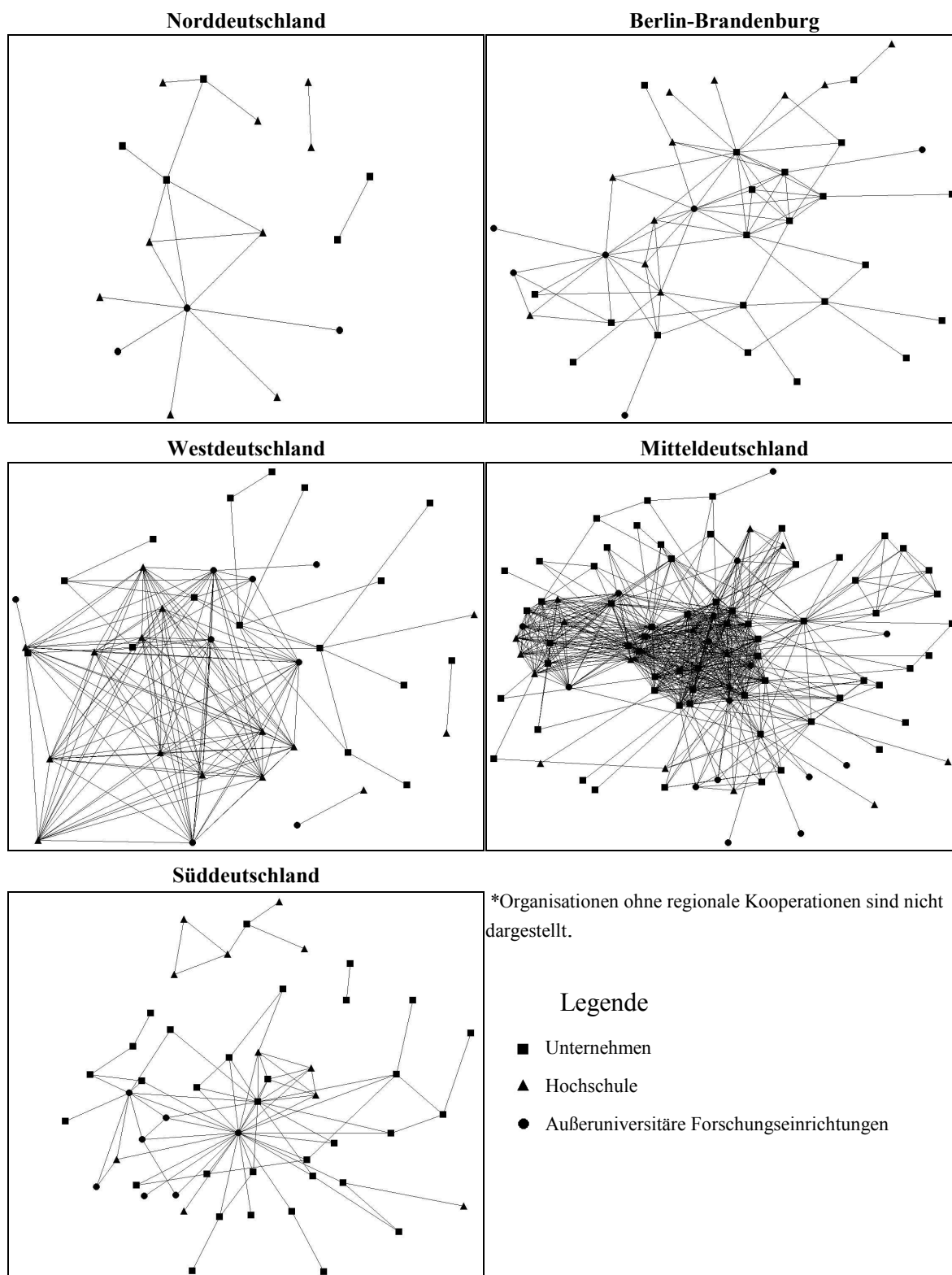
Region	Anzahl der Photovoltaikunternehmen	Anzahl der Forschungseinrichtungen mit Bezug zur Photovoltaik	Durchs. Anzahl reg. Kooperationsbeziehungen	Dichte des regionalen Netzwerks ^a	Durchs. Anzahl überreg. Kooperationsbeziehungen
Berlin-Brandenburg	29	19	3,3	0,140	5,0
Mitteldeutschland	70	33	14,3	0,280	5,2
Süddeutschland	46	23	2,4	0,029	5,9
Westdeutschland	21	30	5,8	0,234	7,1
Norddeutschland	12	14	1,3	0,105	7,4

^a Die Dichte eines Netzwerks ist definiert als die tatsächliche Zahl der Verbindungen l , geteilt durch die von der Anzahl der Akteure des Netzwerkes n bestimmte Zahl an maximal möglichen Verbindungen: $Dichte = l / ((n * (n - 1)) / 2)$.

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung.

Einen Überblick über Kooperationen innerhalb der jeweiligen Regionen liefert Abbildung 1. In den Netzwerkgraphen sind Unternehmen, Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen als Knoten dargestellt. Die zwischen die Knoten bestehenden bzw. nicht bestehenden Verbindungen repräsentieren vorhandene respektive nicht vorhandene Kooperationsbeziehungen zwischen den jeweiligen Organisationen. Organisationen die über keine regionale Kooperationsbeziehungen verfügen, sind jeweils nicht in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1: Regionale Netzwerkstrukturen im Vergleich*



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen zu den Determinanten der Gesamtzahl der Kooperationsbeziehungen eines Unternehmens (Modell 1) sowie dem Anteil regionaler Kooperationsbeziehungen (Modell 2) sind in Tabelle 3 dargestellt. Die ausgewiesenen Größen zur Modellgüte weisen darauf hin, dass die Modellspezifikationen geeignet erscheinen, das Kooperationsmuster der Unternehmen zu erklären.

Im ersten Regressionsmodell zur Erklärung der Gesamtzahl der Kooperationsbeziehungen kann eine statistische Signifikanz der Erklärungsbeiträge für eine Reihe von Variablen nachgewiesen werden. So zeigt sich ein positiver und signifikanter Einfluss der Zahl der Summe der bisherigen Patentanmeldungen. Dies deutet darauf hin, dass eine höhere absorptive Fähigkeit eines Unternehmens mit einer höheren Anzahl an Kooperationsbeziehungen einhergeht, womit das Resultat im Einklang mit der Hypothese 1 steht. In Übereinstimmung mit dem in Hypothese 2 formulierten Wirkungszusammenhang weisen die Koeffizienten der Dummyvariablen, welche die Größenklassen der Unternehmen beschreiben, jeweils ein positives Vorzeichen auf. Unternehmen, die Niederlassung von außerhalb Deutschlands ansässigen Unternehmen sind, weisen tendenziell eine geringere Anzahl an Kooperationsbeziehungen auf.

Im Modell 2 wurde der Frage nach den Determinanten des Anteils regionaler Kooperationsbeziehungen nachgegangen. Insbesondere drei Variablen stehen hierbei im Fokus. Zum einen wurde über die Anzahl der übrigen PV-Unternehmen in der Region sowie über die Anzahl der Forschungseinrichtungen mit Bezug zur Photovoltaik das Potential an möglichen Kooperationspartnern in der Region abgebildet. Ein statistisch signifikanter und wie erwartet positiver Einfluss konnte dabei nur für erstere Variable nachgewiesen werden. Von der Zahl der Forschungseinrichtungen geht demnach kein entscheidender Einfluss auf den Anteil regionaler Kooperationsbeziehungen aus. Zum anderen wurde mittels des zweiten Modells geprüft, ob Niederlassung von nicht in Deutschland beheimateten Unternehmen besonders Kooperationen mit lokalen Partnern anstreben. Das positive Vorzeichen des Koeffizienten der entsprechenden Variablen unterstützt den in Hypothese 3 formulierten Wirkungszusammenhang. Die Ergebnisse der Regressionsanalysen zeigen, dass ausländische Tochterunternehmen, sich besonders stark in das jeweilige regionale Innovationssystem einbinden (vgl auch Günther/Jindra/Stephan 2008). Darüber hinaus deuten die Ergebnisse des Modells 2 darauf hin, dass ältere PV-Unternehmen tendenziell über einen höheren Anteil an überregionalen, jüngere PV-Unternehmen tendenziell über einen höheren Anteil regionalen Kooperationsbeziehungen verfügen.

Tabelle 3: Ergebnisse der Regressionsanalysen.

Modell	1	2
<u>Erklärte Variable</u>	Anzahl Kooperationsbeziehungen	Anteil regionaler Kooperationsbeziehungen
<u>Unternehmensspezifische Variablen</u>		
Zahl der Patentanmeldungen (logarithmiert)	0,3956 (0,2133) ^{a*}	0,2488 (0,2382)
Beschäftigte > 100	0,7450 (0,1904) ^{***}	-0,1944 (0,2407)
Beschäftigte > 500	0,9933 (0,2988) ^{***}	-0,2483 (0,2947)
Niederlassung ausländisches Unt.	-1,1973 (0,2909) ^{***}	1,0878 (0,4780) ^{**}
<u>Regionale Variablen</u>		
Anz. weiterer Unternehmen in der Region		0,0270 (0,0087) ^{***}
Anz. wei. Forschungseinricht. in d. Region		0,0270 (0,0274)
<u>Kontrollvariablen</u>		
Alter (logarithmiert)	0,0009 (0,1442)	-0,3811 (0,1765) ^{**}
Wertschöpfungsstufe Silizium, Wafer	0,3907 (0,4430)	-0,5925 (0,5076)
Wertschöpfungsstufe Zellen	0,7868 (0,4948)	-0,5230 (0,6777)
Wertschöpfungsstufe Module	-0,1534 (0,3257)	-0,6619 (0,4196)
Wertschöpfungsstufe Dünnschicht	0,7019 (0,4237) [*]	-0,9304 (0,5201) [*]
Wertschöpfungsstufe integrierte Anbieter	0,3189 (0,9295)	1,5691 (1,0846)
Wertschöpfungsstufe Komponenten	-0,0571 (0,3333)	-0,4906 (0,4709)
Wertschöpfungsstufe FuE	0,3404 (0,4685)	-1,0044 (0,6777)
Wertschöpfungsstufe Zulieferer	0,3650 (0,3996)	-0,6446 (0,5191)
Wertschöpfungsstufe Handel, Installation	-0,5384 (0,3140)	-0,9346 (0,4538) ^{**}
Konstante	1,6687 (0,4607)	-0,5239 (0,8089)
N	178	168 ^b
R ²	0,1288	
Prob (LR bzw. chi ² -Statistik)	0,0000	0,0000
Methode	Negativ-binomial	Quasilikelihood

Anmerkung: ^a Standardfehler in Klammern; ^b Unternehmen ohne Kooperationsbeziehungen wurden nicht mit einbezogen; *, **, *** zeigt statistische Signifikanz auf 10%, 5% bzw. 1%-Niveau an.

6 Diskussion und Schlussfolgerung

Für die deutsche Photovoltaikindustrie konnte gezeigt werden, dass insbesondere Unternehmen mit hohen absorptiven Fähigkeiten und einer guten Ressourcenausstattung viele Kooperationsbeziehungen unterhalten. Diese Gruppe von Unternehmen scheint demgemäß einen besonders hohen Nutzen aus dem Eingehen von Kooperation erzielen zu können oder den Unternehmen entstehen nur geringe Kosten durch die Bildung und die Unterhaltung von Kooperationsbeziehungen. Hingegen deutet die geringere Anzahl von Kooperationsbeziehungen insbesondere bei kleineren Unternehmen darauf hin, dass diese die Zusammenarbeit mit zu vielen Partnern vermeiden, da sie nicht in der Lage sind, mögliche Kooperationsgewinne zu realisieren bzw. bestrebt sind, den Kooperationsaufwand zu begrenzen. Die Ergebnisse zur räumlichen Reichweite von Kooperationen zeigen, dass die Unternehmen, wenn eine ausreichende Zahl potentieller Partner in der Region vorhanden ist, im hohen Maße mit anderen Unternehmen am Standort kooperieren. Hingegen wird in Regionen ohne entsprechende Potentiale zwangsläufig stärker auf die Zusammenarbeit mit regionsexternen Partnern gesetzt. Dass von der Anzahl der in der Region vorhandenen sektorspezifischen Forschungseinrichtungen kein Einfluss auf die Reichweite der Kooperationsbeziehungen der Unternehmen ausgeht, deutet darauf hin, dass die räumliche Entfernung der Partner bei derartigen Forschungsk Kooperationen von untergeordneter Bedeutung ist.

Die Niederlassungen ausländischer Unternehmen, die sich insbesondere in den vergangenen Jahren in Deutschland niedergelassen haben, weisen tendenziell noch eine geringe Zahl an Kooperationspartnern auf. Der hohe Anteil regionaler Kooperationsbeziehungen dieser Unternehmen deutet allerdings drauf hin, dass sie ihren Standort gezielt gewählt haben, um an der vorhanden regionalen Wissensbasis partizipieren zu können.

Die Untersuchung trägt somit insbesondere hinsichtlich eines Punktes zur Literatur bei. Bisherige Studien, die die Determinanten der Zahl der Kooperationspartner mittels multivariater Analysemethoden untersuchen, fokussieren zumeist auf Unternehmen aus einer oder mehreren Regionen (vgl. bspw. Fritsch 2001; Fritsch / Lucas 2001; Fritsch 2003). Hingegen wurden in diesem Beitrag die Kooperationsmuster der Unternehmen eines Sektors untersucht, womit die Vergleichbarkeit der Unternehmen nicht durch sektor-spezifische Unterschiede verzerrt ist. Dabei konnte bei den Analysen auf einen Datensatz zurückgegriffen werden, der, basierend auf einer Totalerhebung, alle relevanten Unternehmen des untersuchten Sektors umfasst. Hierdurch werden die Ergebnisse nicht durch die Selektion der in die Untersuchung einbezogenen Unternehmen verzerrt. Allerdings gehen mit der Konzentration der Untersuchung auf eine Branche auch Beschränkungen einher. Die deutsche Photovoltaikindustrie ist durch eine Reihe von Besonderheiten gekennzeichnet, die die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Sektoren bzw. Regionen nur mit Einschränkungen möglich machen. In Industrien, in denen öffentliche Forschung eine geringere Bedeutung besitzt, dürften bspw. seltener Kooperationen mit Forschungseinrichtungen eingegangen werden. Zudem ist das beobachtete Kooperati-

onsverhalten in der Photovoltaikindustrie eine Folge der hohen Unsicherheit über künftige technologische und marktliche Entwicklungen. Inwieweit die ermittelten Determinanten der Kooperationsneigung auch in Industrien mit einem geringeren Maß an Unsicherheit und somit geringeren Anreizen zum Eingehen von Kooperationen Bestand haben, bleibt dabei unklar.

Literatur

- Almeida, P. (1996): Knowledge sourcing by foreign multinationals: patent citation analysis in the U.S. semiconductor industry. In: *Strategic Management Journal* 17, 155-165.
- Amin, A.; Thrift, N. (1994): *Globalization, Institutions and Regional Development in Europe*. Oxford University Press, Oxford.
- Andreosso-O’Callaghan, B.; Lenihan, H. (2008): Networking: a question of firm characteristics? The case of the Shannon region in Ireland. In: *Entrepreneurship and Regional Development* 20, 561-580.
- Angel, D. P. (2002): Inter-firm collaboration and technology development partnerships within US manufacturing industries. In: *Regional Studies* 36, 4, 333-344.
- Archibugi, D.; Michie, J. (1995): The globalisation of technology: a new taxonomy. In: *Cambridge Journal of Economics* 19, 1, 121-140.
- Arundel, A.; Geuna, A. (2004): Proximity and the use of public science by innovative European firms. In: *Economics of Innovation and New Technology* 13, 6, 559-580.
- Asheim, B.T.; Isaksen, A. (1997): Location, agglomeration and innovation: towards regional innovation systems in Norway? In: *European Planning Studies* 5, 299-330.
- Bathelt, H.; Malmberg, A.; Maskell, P. (2004): Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation, In: *Progress in Human Geography* 28 (1), 31-56.
- Bathelt, H. (2005): Cluster Relations in the Media Industry: Exploring the ‘Distanced Neighbour’ Paradox in Leipzig, In: *Regional Studies* 39, 105-127.
- Belderbos, R.; Carree, M.; Lokshin, B. (2006): Complementarity in R&D Cooperation Strategies. In: *Review of Industrial Organizations* 28, 401-426.
- Blanc, H.; Sierra, C. (1999): The internationalisation of R&D by multinationals: a trade-off between external and internal proximity. In: *Cambridge Journal of Economics* 23, 187-206.
- BMBF (2009): *Innovationskraft, die aus der Sonne kommt – Der Spitzencluster “Solarvalley Mitteldeutschland”*. Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Boschma, R.A. (2005): Proximity and innovation: a critical assessment. In: *Regional Studies* 39, 61-74.
- Brachert, M.; Hornych, C. (2009): Die Formierung von Photovoltaik-Clustern in Ostdeutschland. In: *IWH, Wirtschaft im Wandel* 2/2009, 81-90.

- Brachert, M.; Hornych, C. (2010): Entrepreneurial opportunity and the formation of photovoltaic clusters in Eastern Germany. In: Wüstenhagen, R.; Wuebker, R. (Hrsg.): *Handbook of Research on Energy Entrepreneurship*. Edward Elgar, Cheltenham (Im Erscheinen).
- Camagni, R.P. (1991): From the Local 'Milieu' to Innovation through Cooperation Networks. In: Camagni, R.P. (Hrsg.): *Innovation Networks – Spatial Perspectives*. Belhaven, London, New York, 1-12.
- Camagni, R. (1993): Inter-Firm, Industrial Networks – The Costs and Benefits of Cooperative Behaviour. In: *Journal of Industry Studies* 1, 1-15.
- Cantwell, J.A.; Iammarino, S. (1998): MNCs, technological innovation and regional systems in the EU: some evidence in the Italian case. In: *International Journal of the Economics of Business* 5, 3, 383-408.
- Christopherson, S.; Clark, J. (2007): Power in firm networks: what it means for regional innovation systems. In: *Regional Studies* 41, 1223-1236.
- Cohen, W.M.; Levinthal, D.A. (1990): Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. In: *Administrative Science Quarterly* 35, 128–152.
- Cooke, P.; Morgan, K. (1993): The network paradigm: new departure in corporate and regional development. In: *Environment and Planning* 11, 543-564.
- Criscuolo, P.; Narula, R.; Verspagen, B. (2002): The relative importance of home and host innovation systems in the internationalisation of MNE R&D: a patent citation analysis. MERIT-Infonomics Research Memorandum series 2002 (26).
- Dunning, J.H.; Lundan, S.M. (1998): The Geographical Sources of Competitiveness of Firms: An Econometric Analysis. In: *International Business Review* 7, 2, 115-133.
- Dunning, J.H.; Wymbs, C. (1999): The Geographical Sourcing of Technology-Based Assets by Multinational Enterprises. In: Archibugi, D.; Howells, J.; Michie, J. (Hrsg.): *Innovation Policy in a Global Economy*. Cambridge University Press, Cambridge, 185-224.
- Ebert, S.; Brachert, M.; Dominguez Lacasa, I. (2009): Cluster und regionale Wettbewerbsfähigkeit – Die Photovoltaik-Industrie in Berlin-Brandenburg. In: *IWH, Wirtschaft im Wandel* 11/2009, 471-480.
- Eisenhardt, K.M.; Schoonhoven, C.B. (1996): Resource-based View of Strategic Alliance Formation: Strategic and Social Explanations in Entrepreneurial Firms. In: *Organization Science* 7, 2, 136-150.

Fontana, R.; Geuna, A.; Matt, M. (2006): Factors affecting university-industry R&D projects: The importance of searching, screening and signaling. In: *Research Policy* 35, 309-323.

Franz, P. (2008): Wie reagieren Hochschulen auf neue Technologien? Das Beispiel Photovoltaik. In: *IWH, Wirtschaft im Wandel* 12/2008, 460-467.

Fritsch, M. (2001): Co-operation in regional innovation systems. In: *Regional Studies* 35, 297-307.

Fritsch, M.; Lukas, R. (2001): Who cooperates on R&D? In: *Research Policy* 30, 297-312.

Fritsch, M.; Schwirten, C. (2002): R&D Co-Operation between Public Research Institutions: Magnitude, Motives and Spatial Dimension. In: Schätzl, L.; Revilla Diez, J. (Hrsg.): *Technological Change and Regional Development in Europe*, Physica, Heidelberg, 199-210.

Fritsch, M. (2003): Does R&D-Cooperation Behavior Differ Between Regions? In: *Industry and Innovation* 10, 1, 25-39.

Gallie, E.-P. (2003): Spillovers diffusion inside networks of cooperation: the role of temporary geographical and organizational proximities. Paper präsentiert auf der DRUID Summer Conference 2003, Kopenhagen 12.-14.6.2003.

Giuliani, E.; Bell, M. (2005): The micro-determinants of meso-level learning and innovation: evidence from a Chilean wine cluster. In: *Research Policy* 34, 47-68.

Giuliani, E. (2007): The selective nature of knowledge networks in clusters: evidence from the wine industry. In: *Journal of Economic Geography* 7, 2, 139-168.

Giuliani E., Arza V. (2009): What drives the formation of 'valuable' university-industry linkages? Insights from the wine industry, In: *Research Policy* 38, 906-921.

Gordon, I.R.; McCann, P. (2000): Industrial Clusters: Complexes, Agglomeration and/or Social Networks? In: *Urban Studies* 37, 3, 513-532.

Gulati (1999): Network Location and Learning: The Influence of Network Resources and Firm Capabilities in Alliance Formation, In: *Strategic Management Journal* 20, 5, 397-420.

Günther, J.; Stephan, J.; Jindra, B. (2008): Foreign Subsidiaries in the East German Innovation System – Evidence from Manufacturing Industries. In: *Applied Economics Quarterly* 59, 137-165.

Grandori, A.; Soda, G. (1995): Inter-firm Networks: Antecedents, Mechanisms and Forms. In: *Organization Studies* 16, 2, 183-214.

- Hagedoorn, J.; Schakenraad, J. (1994): The Effect of Strategic Technology Alliances on Company Performance. In: *Strategic Management Journal* 15, 4, 291-309.
- Heimpold, G. (2005): Unternehmensnetzwerke in Ostdeutschland – Konzentration auf Verdichtungsräume. In: IWH, *Wirtschaft im Wandel* 4/2005, 118-124.
- Hilbe, J.M. (2007): *Negativ Binomial Regression*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hornych, C.; Schwartz, M. (2009): Industry concentration and regional innovative performance – empirical evidence for Eastern Germany. In: *Post-Communist Economies* 21, 4, 513-530.
- Hornych, C.; Brachert, M. (2010): Unternehmensnetzwerke in der Photovoltaik-Industrie – starke Verbundenheit und hohe Kooperationsintensität. In: IWH, *Wirtschaft im Wandel* 1/2010, 57-64.
- Jacobsson, S.; Sanden, B.; Bångens, L. (2004): Transforming the Energy System - the Evolution of the German Technological System for Solar Cells. In: *Technology Analysis & Strategic Management* 16, 1, 3-30.
- Jarillo, J.C. (1988): On strategic networks. In: *Strategic Management Journal* 9, 31-41.
- Jonas, M. (2006): Brauchen regionale Wirtschaftskluster lebendige Kooperation? Ein Überblick anhand einer Auswahl empirischer Studien zu europäischen Hochtechnologieclustern. In: *Reihe Soziologie* Nr. 79, Institut für Höhere Studien, Wien.
- Kaufmann, A.; Tödtling, F. (2000): Systems of Innovation in Traditional Industrial Regions: The Case of Styria in a Comperative Perspective. In: *Regional Studies* 34, 1, 29-40.
- Kieschnick, R.; McCullough, B.D. (2003): Regression analysis of variates observed on (0, 1): percentages, proportions and fractions. In: *Statistical Modelling* 2003, 3, 193-213.
- Kogut, B. (1988): Joint ventures: Theoretical and empirical perspectives. In: *Strategic Management Journal* 9, 319-332.
- Lin, J.L.; Fang, S.-C.; Fang, S.-R.; Tsai, F.-S. (2009): Network embeddedness and technology transfer performance in R&D consortia in Taiwan. In: *Technovation* 28, 763-774.
- Lobo, J.; Strumsky, D. (2008): Metropolitan patenting, inventor agglomeration and social networks: A tale of two effects. In: *Journal of Urban Economics* 63, 871-884.
- Mansfield, E.; Lee, J.-Y. (1996): The Modern University: Contributor to Industrial Innovation and Recipient of Industrial R&D Support. In: *Research Policy* 25, 1047-1058.

Nelson, R.R.; Winter, S. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. The Belknap Press of Harvard University, London.

Oerlemans, L.A.G.; Meeus, M.T.H. (2005): Do organizational and spatial proximity impact on firm performance? In: *Regional Studies* 39, 89-104.

Owen Smith, J.; Riccaboni, M.; Pammolli, F.; Powell, W. (2002): A Comparison of US and European University-Industry relations in the life sciences. In: *Management Science* 48, 1, 24-43.

Ozman, M. (2009): Inter-firm networks and innovation: a survey of literature. In: *Economic of Innovation and New Technology* 18, 1, 39-67.

Papke, L.; Wooldrige, J. (1996): Econometric methods for fractional response variables with an application to 401 (K) plan participation rates. In: *Journal of Applied Econometrics* 11, 619-632.

Pfeffer, J.; Salancik, G.R. (1978): *The external control of organizations*. Maple Press, New York.

Porter, M.E. (1998): Clusters and the New Economics of Competition. In: *Harvard Business Review* 1998, 77-90.

Powell, W.W.; Koput, K.W.; Smith-Doerr, L. (1996): Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology. In: *Administrative Science Quarterly* 41, 1, 116-145.

Projekträger Jülich (2009): *Forschungsjahrbuch Erneuerbare Energien 2008*. Projekträger Jülich, Geschäftsbereich Erneuerbare Energien, Forschungszentrum Jülich (Hrsg.), FIZ Karlsruhe.

Richardson, G.B. (1972): The Organization of Industry. In: *The Economic Journal* 82, 883-896.

Richter, U.; Holst, G.; Krippendorf, W. (2008): *Solarindustrie als neues Feld industrieller Qualitätsproduktion – das Beispiel Photovoltaik*. Studie im Auftrag der Otto Brenner Stiftung, OBS-Arbeitsheft 56.

Rosenfeld, M.T.W.; Franz, P.; Roth, D. (2005): Was bringt die Wissenschaft für die Wirtschaft in einer Region? Regionale Innovations-, Wachstums-, und Einkommenseffekte von öffentlichen Hochschulen und Forschungseinrichtungen am Beispiel der Region Halle. *Schriften des Instituts für Wirtschaftsforschung Halle Band 18*, Nomos, Baden-Baden.

Rosenfeld, M.T.W.; Franz, P.; Günther, J.; Heimpold, G.; Kronthaler, F. (2006): *Ökonomische Entwicklungskerne in ostdeutschen Regionen – Branchenschwerpunkte, Un-*

ternehmensnetzwerke und innovative Kompetenzfelder in der Wirtschaft. IWH-Sonderheft 5 / 2006, Halle.

Storper, M. Venables, A.J. (2004): Buzz: Face-to-face contact and the urban economy. *Journal of Economic Geography* 4, 351–370.

Sydow, J. (1992): Strategische Netzwerke – Evolution und Organisation. *Neue betriebswirtschaftliche Forschung* 100, Gabler, Wiesbaden.

Teichert, T.; Ernst, H. (1999): Assessment of R&D Collaboration by Patent Data. In: Kocaoglu, D.F.; Anderson, T.F.; Milosevic, D.Z.; Niwa, K.; Tschirky, H. (Hrsg.): *Technology and Innovation Management*. Portland International Conference on the Management of Engineering and Technology, 78-86.

Thorelli, H.B. (1986): Networks: Between Markets and Hierarchies. In: *Strategic Management Journal* 7, 1, 37-51.

Tödtling, F. (1994): Regional networks of high-technology firms-the case of the Greater Boston region. In: *Technovation* 14, 5, 323-343.

Torre, A.; Rallet, A. (2005): Proximity and localization. In: *Regional Studies* 39, 1, 47- 59.

Vanhaverbeke, W.; Gilsing, V.; Beerkens, B.; Dysters, G. (2009): The role of alliance network redundancy in the creation of core and non-core technologies. In: *Journal of Management Studies* 46, 2, 215-244.

Walker, G.; Kogut, B.; Shan, W. (1997): Social capital, structural holes and the formation of an industry network. In: *Organization Science* 8, 109-125.

Williamson, O.E. (1985): *The Economic Institutions of Capitalism*. Free Press, New York.

Woywode, M. (1998): *Determinanten der Überlebenswahrscheinlichkeit von Unternehmen – Eine empirische Überprüfung organisationstheoretischer und industrieökonomischer Erklärungsansätze*. Schriftenreihe des ZEW, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden.

Zeller, C. (2004): North Atlantic Innovative Relations of Swiss Pharmaceuticals and the Proximities with Regional Biotech Arenas. In: *Economic Geography* 80, 1, 83-111.

Anhang

Tabelle A.1: Deskriptive Statistiken der verwendeten Variablen.

<u>Variable</u>	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<u>Erkläre Variablen</u>				
Anzahl der Kooperationsbeziehungen	0	83	12,826	16,909
Anteil regionaler Kooperationen ^a	0	1	0,494	0,351
Anteil überregionaler Kooperationen ^a	0	1	0,506	0,351
<u>Unternehmensspezifische Variablen</u>				
Zahl Patentanmeldungen (logarithmiert)	0	1,72	0,362	0,478
Beschäftigte > 100	0	1	0,292	0,456
Beschäftigte > 500	0	1	0,118	0,323
Niederlassung ausländisches Unt.	0	1	0,112	0,317
<u>Regionale Variablen</u>				
Anz. weiterer Unternehmen in der Region	11	69	46,427	20,631
Anz. weit. Forschungseinricht. in d. Region	14	33	26,500	6,415
<u>Kontrollvariablen</u>				
Alter (logarithmiert)	0,30	2,16	0,942	0,364
Wertschöpfungsstufe Silizium, Wafer	0	1	0,101	0,302
Wertschöpfungsstufe Zellen	0	1	0,090	0,287
Wertschöpfungsstufe Module	0	1	0,236	0,426
Wertschöpfungsstufe Dünnschicht	0	1	0,140	0,348
Wertschöpfungsstufe integrierte Anbieter	0	1	0,039	0,195
Wertschöpfungsstufe Komponenten	0	1	0,230	0,422
Wertschöpfungsstufe FuE	0	1	0,034	0,181
Wertschöpfungsstufe Zulieferer	0	1	0,365	0,483
Wertschöpfungsstufe Handel, Installation	0	1	0,107	0,310

^aAngaben für n= 168 Unternehmen mit Kooperationsbeziehungen.